

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-029879  
 (43)Date of publication of application : 31.01.2003

(51)Int.Cl. G06F 1/20  
 F04B 49/06

(21)Application number : 2001-218948  
 (22)Date of filing : 19.07.2001

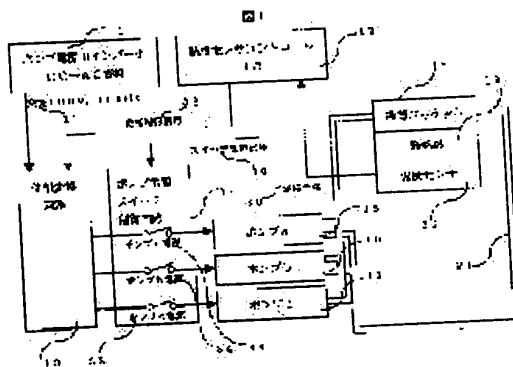
(71)Applicant : HITACHI LTD  
 (72)Inventor : SUZUKI MASAHIITO  
 IGARASHI KENJI

(54) LIQUID COOLING SYSTEM AND METHOD FOR CONTROLLING ITS COOLING LIQUID PUMP

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a cooling system in a liquid cooling system for cooling the heating part and heat radiating part of a processor by circulating cooling liquid capable of reducing vibration and a noise by reducing the pulsation of the circulating cooling liquid.

SOLUTION: A plurality of pumps for circulating a heating medium between a cooling jacket mounted on a heating part and a heat radiating part are arranged in parallel, and a temperature sensor controller IC 12 for controlling those pumps discriminates the proper number of pumps and phase difference from temperature information 30 of the heating part, and transmits a switch control signal 36 and a phase control signal 34 to a pump power switch control circuit 14 and a phase converting circuit 13 so that the operations of a pump a15, a pump b16, and a pump c17 can be controlled. Thus, the number of operating pumps can be varied according to the temperature of the heating part, and the power source whose voltage phase deviation is set as an angle calculated by dividing  $360^\circ$  by the number of operating pumps are separately supplied to those pumps so that the pulsation of the cooling liquid can be reduced.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]  
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]  
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
 [Date of final disposal for application]  
 [Patent number]  
 [Date of registration]  
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-29879

(P 2 0 0 3 - 2 9 8 7 9 A)

(43) 公開日 平成15年1月31日 (2003.1.31)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード (参考)		
G06F 1/20		F04B 49/06	321	Z	3H045
F04B 49/06	321	G06F 1/00	360	A	
			360	D	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2001-218948 (P 2001-218948)

(22) 出願日 平成13年7月19日 (2001.7.19)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 鈴木 政仁

神奈川県海老名市下今泉810番地 株式会

社日立製作所インターネットプラットフォーム事業部内

(74) 代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

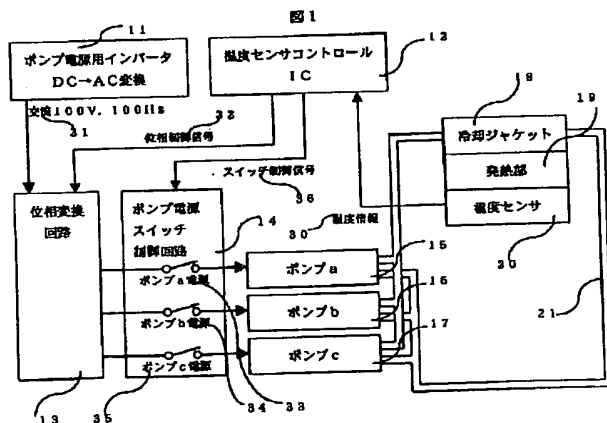
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液冷システムおよびその冷却液ポンプ制御方法

(57) 【要約】

【課題】 プロセッサ等の発熱部と放熱部を冷却液を循環させて冷却をおこなう液冷方式の冷却システムにおいて、循環する冷却液の脈動を低減し、低振動および低騒音の液冷システムを提供する。

【解決手段】 発熱部に装着された冷却ジャケットと放熱部との間で熱媒体を循環させるポンプを並列に複数個配置し、前記ポンプの制御をおこなう温度センサコントロール IC 12 は、発熱部の温度情報 30 から適切なポンプ数、位相差を判断してスイッチ制御信号 36、位相制御信号 32 としてポンプ電源スイッチ制御回路 14、位相変換回路 13 にそれぞれ伝達し、ポンプ a 15、ポンプ b 16、ポンプ c 17 の動作制御を行う。これにより、発熱部温度により、稼働ポンプ数を可変にするとともに、電圧の位相ずれが 360 度に対し稼働ポンプ数で除算した角度とした電源を各ポンプに別個に供給し、冷却液の脈動を低減する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 情報処理装置の発熱部と放熱部との間で冷却液を循環させる複数の冷却液ポンプを有する情報処理装置の冷却液ポンプの制御方法であって、発熱部温度に対応する温度を検出し、前記検出温度の温度範囲に応じて、前記冷却液ポンプの稼動数をかえて冷却液の流量を制御することを特徴とする冷却液ポンプの制御方法。

【請求項2】 請求項1記載の冷却液ポンプの制御方法において、

前記複数の稼動する冷却液ポンプの駆動電圧は、それぞれに印加する駆動電圧位相が、稼動数に応じて等しい位相ずれとなるよう制御することを特徴とする冷却液ポンプの制御方法。

【請求項3】 情報処理装置の発熱部と放熱部との間で冷却液を循環させる冷却液ポンプを有する情報処理装置の液冷システムにおいて、

前記冷却液ポンプは、発熱部と放熱部との間で冷却液が循環するように、並列に複数設置され、前記発熱部に対応する温度を検出する温度検出部と、前記温度検出手段の検出温度に基づき、稼動する冷却液ポンプを選択して駆動する冷却液ポンプの制御手段とを備えることを特徴とする液冷システム。

【請求項4】 請求項3記載の液冷システムにおいて、前記液冷ポンプの制御手段は、

前記検出温度から、駆動する冷却液ポンプの選択信号と駆動電圧の位相制御信号を生成する温度制御部と、駆動する冷却液ポンプごとに、前記位相制御信号で指定された位相電圧を生成する駆動電圧生成部と、前記液冷ポンプの選択信号に基づき、前記駆動電圧生成部で生成した駆動電圧を冷却液ポンプに印加する電圧印加制御部とを備えることを特徴とする液冷システム。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、情報処理装置等の冷却技術等に適用して有効な技術に関する。

【0002】

【従来の技術】 情報処理装置等に用いられるマイクロプロセッサ等の半導体は、半導体技術等の進展に伴って、著しく性能向上している。特に、その動作周波数は日に日に高速化の一途をたどっている。このような高性能のマイクロプロセッサ等を実装した情報処理装置を製品化する場合、マイクロプロセッサ等の半導体の冷却（放熱）が技術的課題の一つとなっている。

【0003】 従来からマイクロプロセッサ等の近傍や筐体の一部に冷却ファンを配置して、マイクロプロセッサ等を通過する気流を強制的に形成することで放熱を行うことがよく知られている。高性能マイクロプロセッサ等では、動作時に多量の熱が放出されるため、従来のファンを用いた空気冷却方法では冷却能力が不十分となる。

このため、冷却効率を高めるのに、大型のファンが必要となり、ファンや筐体寸法の大型化、消費電力の増大、騒音の増大等のような、技術的課題が生じる。一般に情報処理装置等は、小型、低消費電力、静粛性等は重要なセールスポイントであり、上述のような、筐体寸法の大型化、消費電力の増大、騒音の増大は情報処理装置等を製品化する上で大きな技術的課題となる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 高冷却能力を提供できる技術として、マイクロプロセッサ等の発熱部に装着された冷却ジャケットと放熱部との間を熱媒体としての液体（以下、冷却液と称す）を循環させて、効率よく発熱部の発生熱を外部に輸送・放熱することで、大きな冷却能力を実現可能な液体冷却式（以下、液冷式と称す）の冷却方法を採用することが考えられる。

【0005】 しかし、液冷式では、冷却液の循環をおこなう冷却液ポンプが必要となり、液体を循環させる際に発生する振動および騒音が情報処理装置等を製品化する上で大きな技術的課題となる。

【0006】 さらに、マイクロプロセッサ等の発熱部の温度により、冷却液ポンプのオン/オフ制御をおこない、冷却制御をおこなっているものがある。この制御方法でもは、冷却ポンプは間欠動作をしているので、液冷ポンプ動作時の騒音・振動は連続動作時と同様のレベルとなっている。

【0007】 本発明の目的は、情報処理装置等の液冷式の冷却方式における振動および騒音の低減化の実現と、消費電力の低減が可能な技術を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するために、本発明では、情報処理装置のマイクロプロセッサ等の発熱部に装着された冷却ジャケットと放熱部との間で、パイプを通し冷却液を循環させる冷却液ポンプを並列に複数個配置するようにし、発熱部に対応する温度に応じて、複数の冷却液ポンプの駆動条件、例えば、稼動ポンプ数を変えて冷却をおこなうようにした。このとき、発熱部に対応する温度を、例えば、プロセッサ温度を代表値として検知し、この検知温度の温度範囲に応じて、前記冷却液ポンプの稼動数をかえるようにした。

【0009】 さらに、駆動する冷却液ポンプごとに、印加する駆動電圧位相を、稼動数に応じて、等しい位相ずれとなるように、駆動電圧を生成し、冷却液ポンプに供給するようにした。より具体的には、ダイヤフラム型ポンプ等の容積往復動式ポンプから成る各冷却液ポンプの電源の電圧位相を、360度に対して稼動ポンプ数で除算した位相角度にて位相制御した駆動電圧を供給し、各冷却ポンプを別々のタイミングで動作するようにした。

【0010】

【発明の実施の形態】 以下、本発明の実施形態をポンプが3つの場合を例に、図面を参照しながら詳細に説明す

る。図5は、本発明の液冷システムを適用するノート型パーソナルコンピュータの構成の概要を説明する図である。ノート型パーソナルコンピュータは、プロセッサとチップセット51を搭載するマザーボード52、ハードディスク53、CD-ROM54、バッテリー55を備えたコンピュータの本体部56と表示部57が、開閉可能に接続されている。高発熱部であるプロセッサは、図示していないが、ウォータジャケット（以下W/Jと称す）18の下部に位置し、その発生熱がW/J18に熱伝導している。冷却液を満たしたチューブ21は、ポンプ部60とW/J18に接続し、さらに、本体部56と表示部57に配設されている。チューブ21の冷却液は、ポンプ部60によりチューブ21を循環し、W/J18でプロセッサの発生熱を吸熱し、主に表示部57の裏面に配設されたチューブ21で外部に放熱している。なお、ポンプ部60は詳細を後述するが、並列接続した複数のポンプから構成され、また、図示していないが、ポンプ部60の動作を制御する制御部を備えている。

【0011】図6は、図5に示したポンプ60に適用する冷却液ポンプの一例をしめす図であり、ダイヤフラム型ポンプの概略構成をしめしている。このポンプは、ダイヤフラム61の変形による容積変化を利用したポンプであり、ダイヤフラム61が図の下方向に変形したときに、冷却液を吸込口より吸引し、上方向に変形したときに、吐出口に排出する。このとき、逆止弁62と逆止弁63により、冷却液は吸込口から吐出口への一方方向に流れる。つまり、ダイヤフラム61が下方向に変形したときには、逆止弁63により吐出口から冷却液が逆流するのを防止し、ダイヤフラム61が上方向に変形したときには、逆止弁62により吸込口に冷却液が逆流するのを防止する。このように、ダイヤフラム61の上下方向の変形により、冷却液の吸込みと吐出しをおこなっている。より詳しくは、ダイヤフラム61の変形周期に対応して、吐出圧や吐出流量が周期的に変動するので、振動や騒音の発生源となっている。ダイヤフラム61は、例えば、薄いピエゾ素子（圧電素子）を貼り合わせた板であり、これに交流電圧を印加して、その周波数で上下方向の変形をおこなうものである。

【0012】つぎに図1を用いて、本発明の液冷システムの概略構成を説明する。図1では、図5のポンプ部60をポンプa（15）、ポンプb（16）、ポンプc（17）の3つのポンプで構成した実施例について説明する。ポンプa（15）、ポンプb（16）、ポンプc（17）は、チューブ21に並列に接続され、冷却液を循環している。冷却液は、ポンプから吐出され、チューブ21を経由して、プロセッサ等の発熱部19の発生熱を吸熱する冷却ジャケット18に流入する。冷却液は、冷却ジャケット18で発熱部19の発生熱を吸熱し、チューブ21を経由して、ポンプa（15）、ポンプb

（16）、ポンプc（17）に戻っていく。このとき、図1には図示されていないが、チューブ21は図5で示したように、表示部57の背面に配設されているので、冷却液に吸熱された発熱部19の発生熱は、外部に放熱される。このようにして、発熱部19の発生熱は、冷却ジャケット18で冷却液に吸熱され、冷却液により熱輸送され、チューブ21の一部から外部に放熱されるので、発熱部19の温度上昇を防止することができる。

【0013】発熱部19の温度は、外部温度が一定の場合には、チューブ21を循環する冷却液の流量に依存するので、つぎのようにして冷却液の流量制御をおこない、発熱部の温度管理をおこなう。

【0014】本発明の液冷システムの制御は、温度センサコントロールIC12により実施され、発熱部19の温度を温度センサ20により検出し、この検出された温度をもとに、ポンプa（15）、ポンプb（16）、ポンプc（17）に供給する駆動電圧を生成する位相変換回路13と、ポンプa（15）、ポンプb（16）、ポンプc（17）に供給する駆動電圧の入り切りを行うポンプ電源スイッチ制御回路14をそれぞれ制御する。位相制御信号32とスイッチ制御信号36を制御する。この制御内容については、詳細に後述するが、発熱部19の温度範囲により、スイッチ制御信号36により、ポンプの供給電力のオン/オフ指定をおこない、稼動ポンプ数を変える。さらに、位相制御信号32により稼動している個々のポンプに電圧位相を変えて供給するようにする。

【0015】図1では、発熱部19に接続した温度センサ20により温度検出をおこない稼動ポンプ数を制御する場合について説明したが、温度検出はこの例に限定されたものではなく、発熱部の温度を代表する温度であれば、冷却ジャケット18の温度や、チューブ21を循環する冷却液の液温であってもよい。また、測定箇所も1箇所限定されたものでなく、複数箇所であってもよい。この場合、複数箇所の検出温度を平均化等の演算処理により、代表温度として制御すればよい。

【0016】本実施例のポンプa（15）、ポンプb（16）、ポンプc（17）は、先に述べたように、ピエゾ素子を用いたダイヤフラム型ポンプであり、ポンプの駆動には、交流電圧が必要となる。一般に本実施例のようなノート型パーソナルコンピュータでは、交流電源を備えていないため、バッテリー等の直流電源を基に、ポンプ電源用インバータ11で、DC/AC変換をおこない、例えば、100V、100Hzの交流電圧源を生成する。生成する交流電源の仕様は、ポンプa（15）、ポンプb（16）、ポンプc（17）に依存し、この例に限ったものではない。

【0017】つぎに、図2により、温度センサコントロールIC12の制御内容をより詳細に説明する。図2にしめすように、温度情報30の温度範囲に基づき、4つ

のステージ(制御状態)に分類して、ポンプa(15)とポンプb(16)とポンプc(17)の供給電圧の位相制御とON/OFF制御をおこなう。

【0018】詳しくは、温度情報30が、90℃以上の場合には、制御状態をステージAとし、ポンプの供給電圧の位相差設定値を120°に設定し、ポンプa(15)とポンプb(16)とポンプc(17)の3つのポンプを稼動するように電源供給スイッチを全てONにする。また、温度情報30が、90℃より低く、70℃以上の場合には、制御状態をステージBとし、ポンプの供給電圧の位相差設定値を180°に設定し、ポンプa(15)とポンプb(16)の2つのポンプを稼動するように電源供給スイッチをONにする。さらに、温度情報30が、70℃より低く、50℃以上の場合には、制御状態をステージCとし、ポンプの供給電圧の位相差設定値を0°に設定し、ポンプa(15)のみ稼動するように電源供給スイッチをONにする。

【0019】つぎに図7により、ポンプの電圧位相制御内容を説明する。図7(a)は、本実施例のポンプa(15)とポンプb(16)とポンプc(17)に供給する駆動電圧の基本波形をしめした図である。図7(b)は、図1の位相変換回路13により、基本波形(a)に対して120°位相をずれたポンプの駆動電圧波形である。図7(c)と図7(d)は、同様に、基本波形(a)に対して240°位相、180°位相ずらしたものである。

【0020】図2に示すように、ステージAでは、ポンプa(15)とポンプb(16)とポンプc(17)の3つのポンプを稼動するようにする。このとき、ポンプa(15)には、基本波形(a)の駆動電圧を供給し、ポンプb(16)には、120°位相ずれの波形(b)を、ポンプc(17)には、240°位相ずれの波形(c)の駆動電圧を供給する。このように、電圧位相をずらしてポンプを駆動することにより、各ポンプから吐出または各ポンプに吸引される冷却液の脈動は、合成されるので、単一の位相で各ポンプを駆動する場合よりも、冷却液の脈動が低減される。

【0021】また、ステージBでは、ポンプa(15)とポンプb(16)の2つのポンプを稼動するようにする。このとき、ポンプa(15)には、基本波形(a)の駆動電圧を供給し、ポンプb(16)には、180°位相ずれの波形(d)を供給する。先と同様に、電圧位相をずらしてポンプを駆動することにより、各ポンプから吐出または各ポンプに吸引される冷却液の脈動は、合成されるので、単一の位相で各ポンプを駆動する場合よりも、冷却液の脈動が低減される。

【0022】以上のようにステージBでは、ポンプcに供給される電源が切れたことにより、ポンプcで消費する電力を節電でき、また位相差を120°から180°に変更したことから、ポンプが3個から2個に変更とな

っても各ポンプから発生する振動を互いに打ち消し合うと同時に、熱媒体を途切れることなく流しつづけるため、ポンプ21で発生する振動および騒音を低減する事が可能である。

【0023】図4に、図2に示した制御ステージの状態遷移図をしめす。図4は、各ステージ毎にそのステージの制御内容を示し、各ステージの移行条件を記載したものである。情報処理装置がパワーオンされると、ステージD(44)に入り、温度情報30が50℃以上になると、ステージC(43)に移行する。温度情報30が50℃より低い場合には、ステージの移行はおきない。温度情報30が70℃以上になるとステージB(42)に移行し、さらに、温度情報30が90℃以上になるとステージA(41)に移行する。このように、プロセッサの温度上昇つまり発熱量アップに応じて、ステージが遷移し、ポンプの稼動数が増加するように制御される。プロセッサの消費電力制御、例えば、アイドル検出によるクロックダウン等により、発熱量が低減した場合には、プロセッサの温度が低下するので、それにあわせてステージを遷移させる。つまり、ステージBでポンプの制御をおこなっていた時に、温度情報30が、70℃より低下すると、ステージCに遷移し、ポンプの稼動数を1にする。他のステージの場合も同様に、そのステージの温度範囲より低い温度情報30を検出すると、図の下方のステージに遷移する。

【0024】ここで、ポンプ故障等により冷却効率が低下すると、ステージAであってもプロセッサの温度上昇が続き、場合によってはプロセッサの許容温度範囲を超えてしまうことが考えられる。このため、温度情報30が100℃を超えると、冷却システム異常として、エラー処理をおこなうようにする。

【0025】図3は、温度センサコントロールIC12のポンプ制御を、図4のステージの状態遷移を満足するように実施する処理フローの一例を示す図である。ステージの状態遷移は、周期的な温度情報30の検知と、その検知温度に温度範囲の判定によりおこなう。つぎに詳しくフローを説明する。

【0026】温度情報30の温度情報検知をおこない(S1)、この値を基に温度範囲を判定していく。温度範囲の判定は、まず、90℃以上かを判定(S21)し、以下の場合には70℃以上かを判定(S22)し、以下の場合には50℃以上かを判定(S23)する。これらの判定により、温度情報30からステージの特定ができる。例えば、温度情報30が72℃だった場合、S21でNOに移行し、S22でYESに移行するので、温度範囲は70℃以上で90℃より低い範囲であることが判明し、ステージBの処理をおこなう。各ステージの処理のはじめに現在の制御ステージの判定をおこない、同一のステージの場合には、位相差設定とポンプオン/オフ設定の処理をおこなわないようにする。例えば、先

の例と同様の場合には、現在のステージがステージBか判定(S32)し、ステージBの場合(YES)にはステージ設定の処理はおこなわない。ステージB以外のステージの場合(NO)には、ステージBの設定内容に、つまり、ポンプの供給電圧の位相差設定値を $180^{\circ}$ に設定し、ポンプa(15)とポンプb(16)の2つのポンプを稼動するように電源供給スイッチをONにする(S42)。

【0027】本実施例では、温度情報30が上昇するとき、下降するときのステージ遷移する制御温度を同一にしたが、下降時の制御温度を上昇時より低くするようにしてもよい。この場合には、ステージ遷移が温度ヒステリシスをもつので安定した制御をおこなうことができる。

【0028】また、本実施例では、3つのポンプを並列に接続し、動作させる場合について説明したが、これに限るものでないことは言うまでもない。特に振動低減の観点からは、並列に接続するポンプ数を多くすれば、より振動低減に効果がある。

【0029】

【発明の効果】本発明によれば、情報処理装置等の液冷式の冷却方法における振動および騒音の低減化が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による液冷システムの一実施例構成の概

念図である。

【図2】本発明による液冷システムの制御ステージの一例をしめす図である。

【図3】本発明による冷却液ポンプの制御フローの一例をしめす図である。

【図4】本発明による冷却液ポンプの制御ステージの状態遷移をしめす図である。

【図5】本発明による液冷システムを適用するノート型コンピュータの構成をしめす図である。

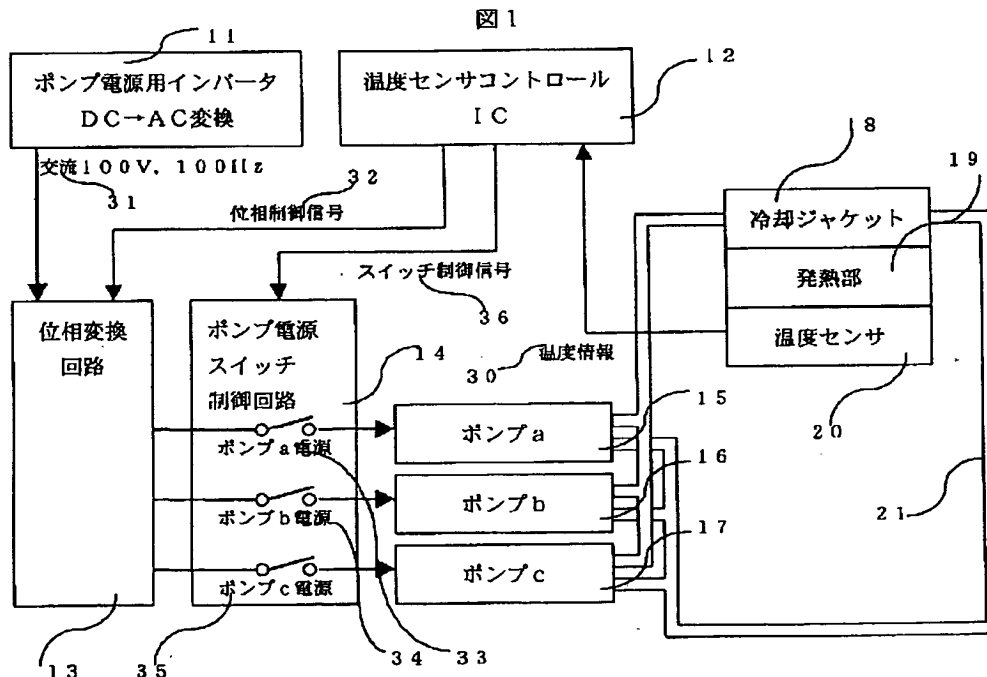
【図6】本発明の冷却液ポンプの一例をしめす図である。

【図7】本発明による液冷システムの冷却液ポンプへ供給する電圧位相を説明する図である。

【符号の説明】

11…ポンプ電源用インバータ DC→AC変換、 12…温度センサコントロールIC、 13…位相変換回路、 14…ポンプ電源スイッチ制御回路、 15…ピエゾ等ポンプa、 16…ピエゾ等ポンプb、 17…ピエゾ等ポンプc、 18…冷却ジャケット、 19…発熱部、 20…温度センサ、 21…パイプ、 30…温度情報、 31…交流電源、 32…位相制御用信号、 33…ポンプa用電源、 34…ポンプb用電源、 35…ポンプc用電源、 36…スイッチ制御信号

【図1】



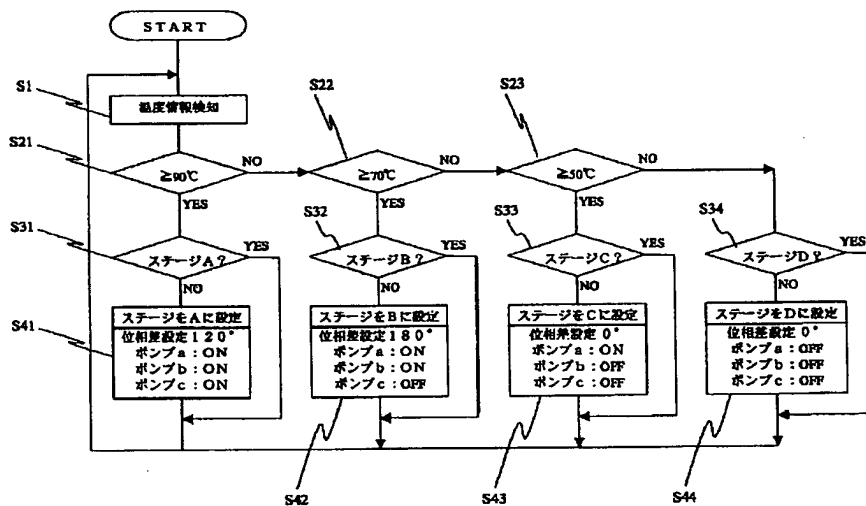
【図 2】

図 2

ステージ名	温度条件 ℃	制御内容			
		位相差設定値	ポンプA	ポンプB	ポンプC
A	$\geq 90$	120°	ON	ON	ON
B	$\geq 70$	180°	ON	ON	OFF
C	$\geq 50$	0°	ON	OFF	OFF
D	$< 50$	0°	OFF	OFF	OFF

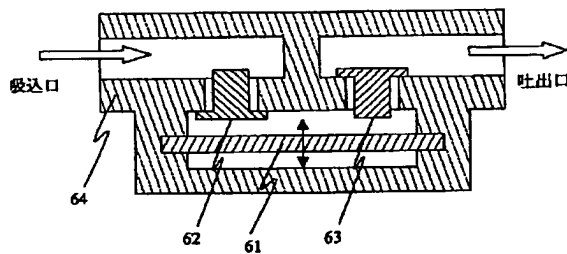
【図 3】

図 3



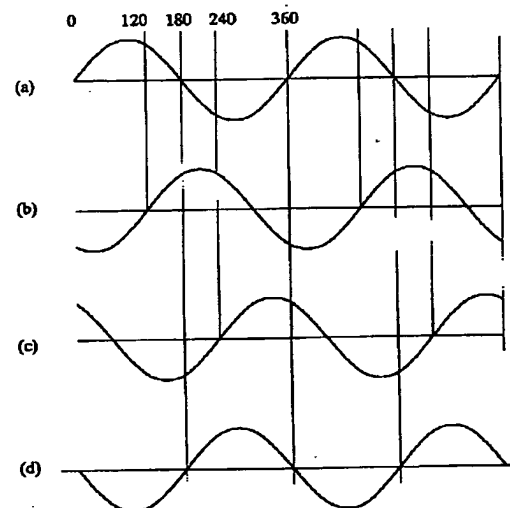
【図 6】

図 6



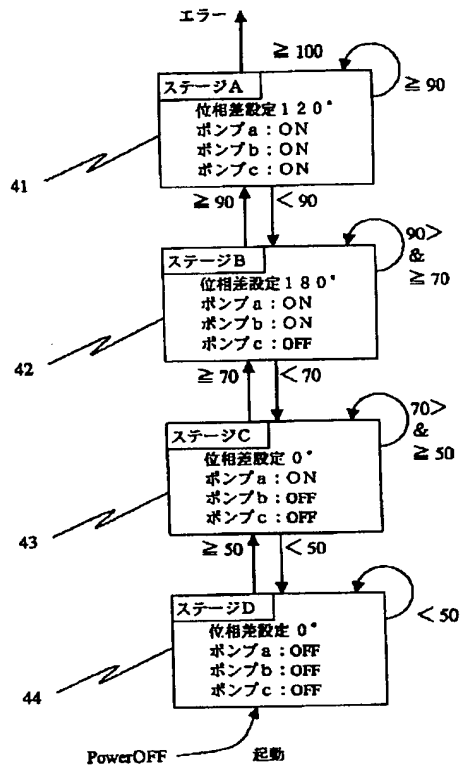
【図 7】

図 7



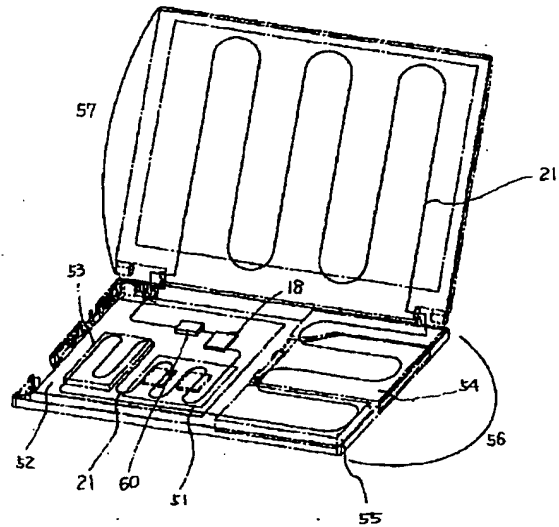
【図4】

図4



【図5】

図5



フロントページの続き

(72)発明者 五十嵐 健志  
 神奈川県海老名市下今泉810番地 株式会  
 社日立製作所インターネットプラットフォ  
 ーム事業部内

Fターム(参考) 3H045 AA01 AA11 AA21 AA31 BA02  
 BA12 BA31 BA41 CA24 DA11  
 DA31 DA43 DA47 EA20 EA26  
 EA38 EA41 EA49